

Robottisolun tarttujen kehitys

Mekaaniset- ja yhdistelmätarttumat

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2023

Inka Salojärvi

Tiivistelmä

Tekijä Inka Salojärvi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2023
	Sivumäärä 28	
Työn nimi Robottisolun tarttujien kehitys Mekaaniset- ja yhdistelmätarttijat		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) Rapala VMC Oyj, Marttiini Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantaja on Rapala VMCIle (Viellard Migeon and company) Oyj ja Marttiini Oy, joka on nykyään Rapalan omistuksessa. Opinnäytetyössä pyrittiin löytämään yksinkertaisia ratkaisuja, jotka edistäisivät robottisolun toimintaa ja sen tuottamaa laatua puukon teroituksessa. Pääasiallisiksi kehityskohteiksi päätettiin robottisolun erilaiset tarttijat.</p> <p>Robottisolun haluttuun toimintaan ja sen vaatimiin kehityskohteisiin perehdyttiin yrityksessä suoritettussa työharjoittelussa. Ongelmia löytyi jokaisessa robottisolun työstökohdassa ja robottien tekemää virhemarginaalia pyrittiin vähentämään luomalla uusia tarttujia, jotka edistäisivät solun tuottamaa laatua varmemmaksi. Kehitysmenetelminä mitattiin eri puukkotyyppien paksuuksia ja korkeuksia, ja tulosten perusteella pyrittiin kehittämään työhön sopivia tarttujia SolidWorksilla. Suunnitellut tarttijat testattiin 3D-tuulosteina ennen virallisen komponentin tekoa.</p> <p>Opinnäytetyössä saadaan aikaiseksi haluttua tulosta robottien osuudelta, mutta robottisolun ei ole täysin valmis muiden komponenttien osalta. Jatkotutkimusta vaatii automaattinen laikkakone, jotta sitä voidaan käyttää tuotannollisessa tarkoituksessa.</p>		
Asiasanat Robottiikka, Teollisuusautomaatio, Kehitystyö, Tarttijat		

Abstract

Author(s) Inka Salojärvi	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2023
	Number of Pages 28	
Title of Publication Development of the robotic cell's grippers Mechanical and combination grippers		
Degree, Field of Study Engineer (UAS), Mechanical Engineering		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Rapala VMC Oyj, Marttiini Oy		
Abstract <p>The client of the thesis is Rapala VMC (Viellard Migeon and company) Oyj and Marttiini Oy, which is now owned by Rapala. The purpose of the thesis was to find a simple solutions that would develop the operation of the robotic cell and the quality it produces in knife sharpening. The different grippers of the robotic cell were decided as the main development targets.</p> <p>The desired operation of the robotic cell and the development targets it requires were familiarized with the internship carried out in the company. Problems were found in every working point of the robotic cell, and efforts were made to reduce the margin of error made by the robots by creating new grippers that would promote the quality produced by the cell more reliably. As a development method, the thicknesses and heights of different types of knives were measured, and based on the results, efforts were made to develop grippers suitable for the job using SolidWorks. The designed grippers were tested as 3D prints before making the official component.</p> <p>As a result of this thesis, it was possible to achieve the main goal for the part of the robots, but the robotic cell is not completely ready because of the other components. Further study is required to the automatic grinding machine to make it more functional to be able to use it for production.</p>		
Keywords Robotics, Industrial automation, Development, Grippers		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Robottisolun robotit.....	2
2.1	Teroittajarobotti Industrial robot Fanuc M-10iD12 2020/09.....	2
2.2	Huuhtelurobotti Fanuc robot M-16iB 2004/10.....	3
3	Kehittämiskohteet	4
3.1	Robottisolun alkupiste.....	4
3.2	Kehittämistarve	5
3.3	Laatu	6
4	Teoria	7
4.1	Tarttujiatyytit.....	7
4.1.1	Mekaaniset tarttijat	7
4.1.2	Imutarttuja	8
4.2	Teollisuusautomaatio.....	9
5	Tarttujen suunnittelu ja toteutus	11
5.1	Teroittajarobotin tarttuja.....	11
5.1.1	Ensimmäinen suunnitelma.....	13
5.1.2	Toinen suunnitelma	13
5.2	Pesuaseman tarttuja.....	18
5.3	Huuhtelurobotin tarttuja	22
5.4	Teroittajarobotin vaihtoasema.....	24
6	Robottisolun viimeistely	25
7	Yhteenveto ja pohdinta	27
	Lähteet	29

Liite 1. Pesutarttujan runko

Liite 2. Pesutarttujan alaleuka

Liite 3. Pesutarttujan toinen tartuin osa

Liite 4. Pesutarttujan kokoonpano

Liite 5. Pesutarttujan pääkokoonpano

Liite 6. Robotin tarttujan pääkokoonpano

Liite 7. Vaihtoaseman pääkokoonpano

1 Johdanto

Rapala VMC Oyj:lle ja Marttiini Oy:lle tehdyn työharjoittelun aikana pääsi perehtymään robottisolun toimintaan. Harjoittelun aikana perehdyttiin robottien ohjelmointiin ja harjoittelun ohessa pystyi huomaamaan, että robottisoluun pitäisi tehdä muutoksia, jotta sille asetetut tavoitteet tuotannon näkökulmasta olisivat edes osittain mahdollisia. Alkuperäisessä tila- saan robottisolu vaati ihmisen jatkuvaa läsnäoloa, muttei ihmisen läsnäolollakaan pystynyt takaamaan laadullisesti hyvää lopputulosta. Robottisolun kehitystyö on ajankohtaista, sillä yrityksen puukon teroitus puolella ei ollut paljon automaatiota olemassa. Pandemian aikana tuotannon jatkuvuus ei olisi ollut mahdollista ilman ihmisten tekemää käsityötä. Opinnäyte- työn rajaukseen valitaan ensisijaisesti erilaiset tarttujat, ja miten niiden toimiessa pystyisi vähentämään robottisolussa tapahtuvia virheitä.

Robottisolussa käytetään kahta erilaista robottia suorittamaan puukon prosessin tuontiteli- neestä laserin kuljettimelle. Robotit eivät ole pääosin yhteistyörobotteja, joten ne törmäävät itseensä kuten toisiin koneisiin ohjelmoinnin määräämänä. Puukon teroitukseen on käytetty vuonna 2020 ilmestynyttä robottia, ja taas pesun jälkeen vuoden 2004 ilmestynyttä robottia. Opinnäytetyössä robotteja kutsutaan Teroittajarobotiksi ja Huuhtelurobotiksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on pyrkiä löytämään yksinkertaisia ratkaisuja, jotka voisivat vä- hentää robottisolun tekemään virhemarginaalia laadussa. Osittainen tavoite on pystyä edis- tämään robottisolun toiminnan luotettavuutta niin, että se voisi toimia tuotannollisessa tar- koituksessa. Tavoitteiden saavuttamiseksi tehdään yhteistyötä yrityksen kanssa ja selvite- tään, mitä robottisolun kuuluu todellisuudessa pystyä tekemään, jotta opinnäytetyö toimisi pidemmälläkin aikavälillä. Tavoitteiden selviytyttyä pyritään luomaan tarkoitukseen sovel- tuvat tarttujat robottisoluun yhteistyössä yrityksen suunnittelijan kanssa.

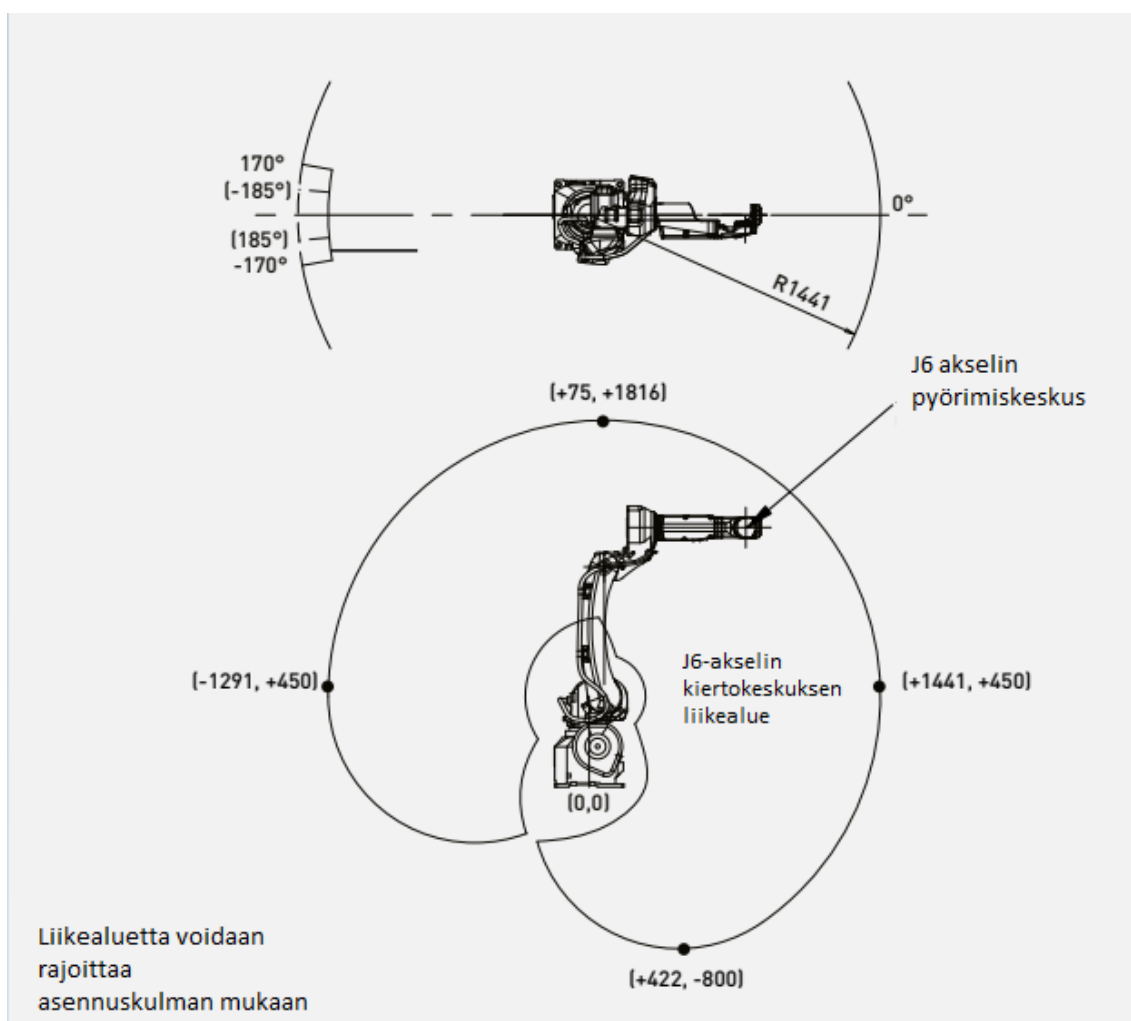
Tavoitteiden saavuttamiseksi käytetään opinnoissani opittua 3D-suunnittelua SolidWork- sillä uusien tarttujen luomiseen ja komponenttien valmistuttua, niiden toimivuus testataan ohjelmoimalla robotteja toimimaan niiden kanssa. 3D-suunnittelun mallinnukset ovat ensim- mäiseksi 3D-tulostettu yrityksen toimesta, ja vasta kun komponentti vaikuttaa toimivalta, se on tehty oikeasta materiaalista. Opinnäytetyöstä tulee olemaan hyötyä tulevaisuudessa am- mattini kannalta, sillä se edesauttaa kommunikaation tärkeyttä yrityksen kanssa ja auttaa keksimään yksinkertaisia ja toimivia ratkaisuja tavoitteiden saavuttamiseksi.

Teoriaosuuteen sisältyy opinnäytetyössä käytettyjen tarttujen teoriaa ja yleisesti teollisuus- automaation tärkeydestä tuotannossa. Teoriaosuuden tarkoituksena on syventää lukijaa ymmärtämään, miksi opinnäytetyö on ollut tärkeä ja miksi juuri nuo tarttujat ovat olleet oiva valinta opinnäytetyön kannalta.

2 Robottisolun robotit

2.1 Teroittajarobotti Industrial robot Fanuc M-10iD12 2020/09

Robotti on luokkansa akselinopein ja tarkoin kevyen muotoilunsa ansiosta. Se soveltuu hyvin ahtaampiin työtiloihin ja on erittäin monipuolinen käyttäjä. Sen muotoilu on suunniteltu vähentämään pölyn ja lian kerääntymistä. M-10iD/12 on ensimmäinen malli uudesta M-10iD sarjasta (Fanuc). Kuviossa 1 on esitetty Teroittajarobotin toiminta-alue, mikä on noin 1441 mm.



Kuvio 1. Teroittajarobotin toiminta-alue (mukailtu Fanuc)

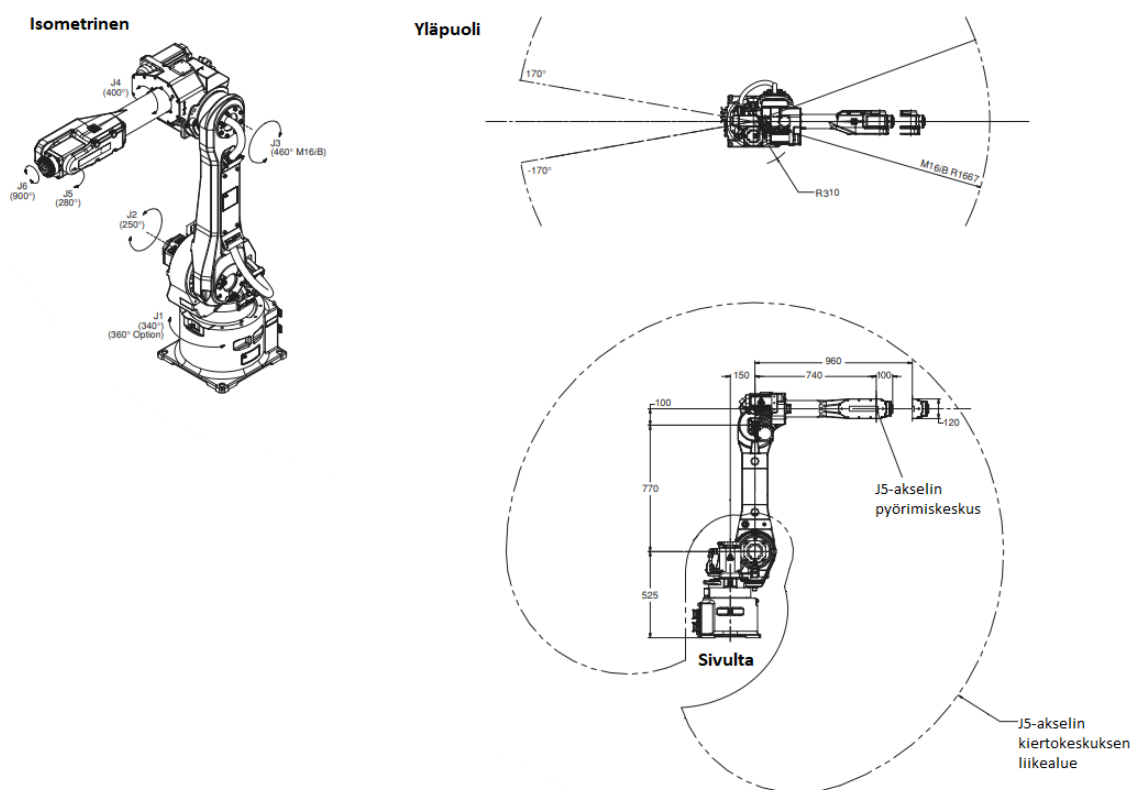
Robotin päätehtävänä on hakea puukko hakuasemalta ja teroittaa sen molemmat puolet laikalla. Robotti vie puukon teroituksen jälkeen pesuasemalle, tarkistaa laikan etäisyyden itseensä nähden induktiivisella anturilla ja valmistautuu uudelle hakukierrokselle. Yleisesti ottaen kyseinen robotti on suunniteltu kestämään 12 kg painoa tartuntaosallaan.

Robotti ei ole yhteistyörobotti, joten se törmää niin itseensä kuin muihin koneisiin. Alkuperäisellä tarttujalla on huomioitu, että puukon vasenta kylkeä hiotessa se kulkeutuu lähelle

laikkakonetta, jolloin on huomioitava törmäysvaara. Myös robotin tarttujaa ei ole suunniteltu pitämään erilaisia komponentteja. Sen teränpuoleinen tuki on vino ja väljempi, jolloin puukonterä pääsi heilumaan sivusuunnassa työstön aikana.

2.2 Huuhtelurobotti Fanuc robot M-16iB 2004/10

M-16iB sarja on kuusi akselinen ja servokäyttöinen robotti, joka on suunniteltu monenlaisiin teollisiin sovelluksiin. Robotti soveltuu hyvin kokoamiseen, materiaalikäsittelyyn, pakkaamiseen, purkamiseen, vesisuihkuleikkaukseen ja laserleikkaukseen. Robotti kestää 20 kg painoa tartuntaosallaan (Fanuc robotics). Kuviossa 2 on esitetty Huuhtelurobotin toiminta-alue, mikä on noin 1667 mm.



Kuvio 2. Huuhtelurobotin toiminta-alue (mukailtu Fanuc robotics)

Robotin tehtävänä on hakea puukko pesun jälkeen. Käydä huuhtelemassa se ja kuivata puukko paineilma kuivauksella. Kuivauksen jälkeen se vie puukon Huuhtelurobotin tarttujan vaihtoasemalle, missä robotti vaihtaa mekaanisesta tarttujasta alipainetarttujaan. Alipainetarttujalla se vie puukon laserille vievälle kuljettimelle.

Robotin suurin ongelma on tarttujan sijoittelu. Tarttujan alipainetarttuja on asennettu niin, että mikäli robotti hakisi jotain tasaiselta alustalta, sen mekaaninen tarttuja osuisi ensin tasaiselle alustalle.

3 Kehittämiskohteet

3.1 Robottisolun alkupiste

Robottioperaattori ylläpitää robotin toimintaa, huolehtien laadun säilymisestä robottien tuotannon käynnissä olemisen aikana. Tehtäviin kuuluu huolehtia muun muassa: puukkosarjan tyyppin kirjaamisesta Sinamics HMI logiikkaan, ennen puukkotyypin robottisolun käsittelyyn siirtymistä. Viimeiseksi myös tarkistaa puukon terän laatu ja kerätä puukot laserin liukuhihnalta. Alla on esitetty robottisolun alkuperäinen toiminta luettelomaisesti.

Robottisolun alkuperäinen toiminta:

- Simatic HMI ylläpitää automaatiota
 - Määritetään toimintojen toistuvuus / kierros: mittauksella, sorvauksella, vahauksella ja laser kuljettimen liikkumisessa.
- Teroitusrobotti
 - puukon haku telineeltä
 - Puukon tunnistuksen tarkastaminen: teroitukseen vai puukon pudotus ja uuden puukon hakeminen.
 - teroitus puukon molemmin puolin laikkakoneella
 - pesuasemalle vienti
 - laikan etäisyyden mittaus
- Laikka teroittaa puukon, vahaa ja sorvaa itsenäisesti laikan
- Induktiivisen anturin tunnistaessa puukon, pesuaseman tarttujen pesee puukon ulträänipesurissa
- Huuhtelurobotti
 - pesuasemalta haku
 - puukon huuhtelu ja kuivaus
 - laser kuljettimelle vienti
 - kuljettimen tarttujalla vaihto alipainetarttujaan
 - kuljettimelle puukon nostaminen
- Laser ja kuljetin
 - induktiiviset anturit pysäyttävät automaation, laser merkitsee puukon halutulla tekstillä.

3.2 Kehittämistarve

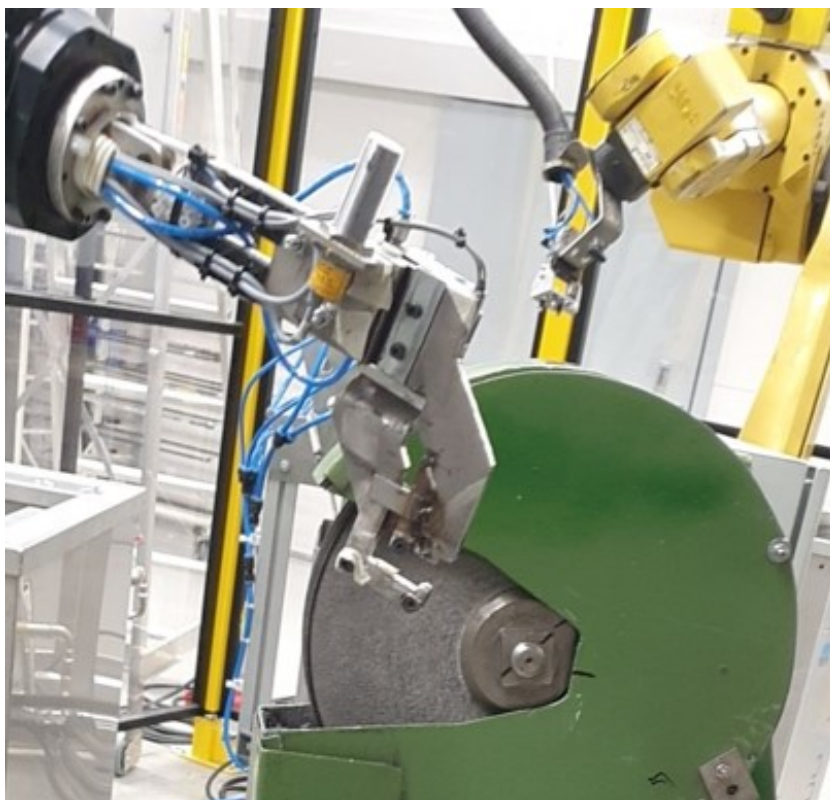
Jotta robottisolu voisi tuottaa tasalaatuista työtulosta teroituksen osalta, ilman ihmisen jatkuvaa läsnäoloa. Sen pääsiallisesti kehityskohteeksi löytyi Teroittajarobotin tarttujan uusiminen. Alkuperäisellä Teroittajarobotin tarttujalla, mikä on esitetty kuvassa 1, ei olisi mahdollista varmistaa teroituksen laatua laikkakoneella. Alkuperäisellä tarttujalla puukko pääsi heilumaan robotin tarttujassa todella paljon robotin työstäessä puukkoa. Kuitenkin teroitus on kriittisin osa robottisolun tuotannon laatua.

Tarttujen suunnitteluun oleellisesti vaikutti päätös kehittää tarttujia niin, että puukon teroitus olisi tarttujen puolesta mahdollisimman tasalaatuista. Pääsiallisena tavoitteena oli löytää yksinkertaisia ja samaan aikaan monipuolisia ratkaisuja, jotka toimisivat erilaisien puukkotyyppien kanssa niin, ettei heti tarvitsisi suunnitella uutta tarttujaa.

Oleellisesti tarttujatyyppien kehittämiseen vaikuttavat eri työstöalueiden tarttujilta vaadittavat ominaisuudet. Teroittajarobotin tarttujalta vaaditaan tukevuutta ja heilumattomuutta, kun taas Huuhtelurobotin - ja pesuaseman tarttujilta vaadittiin vain tarpeellista pitävyyttä työstön aikana.

Yleisesti tarttujen suunnitteluun vaikuttaa se, että erikokoiset puukot toimisivat niiden kanssa. Huomioituina rajauksina oli paksuus 2,36-3,14 mm ja korkeus 6,19-13,07 mm. Myös joissain puukoissa oli koukkumainen kanta, joka voisi jäädä kiinni tarttujaan robotin avatessa tarttujan.

Muu huomio tuotannon laadun parantamiseksi on kehittää puukojen tasausasema. jotta Teroittajarobotti voisi ottaa puukot aina samasta kohtaa kiinni, ennen teroitukseen siirtymistä. Hakuasemalla on huomioitu, ettei robotti kulje lineaarisesti hakuasemalla, joten puukojen telinettä on manuaalisesti muokattava niin, ettei tartuntapiste olisi liian erilainen niin alku- kuin loppupäässä. Manuaalinen muokkaus aiheuttaa sen, että tietyllä puukkotyyppillä on oltava vain se tietty teline käytössä, jottei joka kerta tarvitse erikseen mennä muokkaamaan telinettä. Telineiden erilaisuus tulisi huomioida niin, että robotti mahtuisi kulkemaan samaa linjaa niissä. Puukojen tasausasemalla pystyisi poistamaan telineen muokkauksen. Pääasia olisi, että robotti saa puukosta vaan kiinni telineellä.



Kuva 1. Teroittajarobotin alkuperäinen tarttuja

3.3 Laatu

Robottisolun laadulla tarkoitetaan teroitusjälkeä, jota robottisolussa saadaan aikaiseksi. Tavoitteena on löytää ratkaisu teroituksen onnistumiseen ja myöhemmin löytää oikea jaksotus automaattisen laikkakoneen vahaukseen ja sorvaukseen, jotta teroitusjälki pysyisi samana. Jaksotuksella tarkoitetaan sitä, että kuinka monta puukkoa Teroittajarobotti teroittaa laikalla, ennen kuin automaatio laittaa laikkakoneen sorvaamaan tai vahaamaan laikkaa. Vääränlaisella jaksotuksella terä pääsee palamaan, mikäli ei vahata laikkaa tarpeeksi usein, ja taas ilman sorvausta, teroitusjälki on ohuempaa puukon terässä. Myös ilman sorvausta laikka saattaa kulua liikaa eri kohdista, joten teroituslaatu sarjassa tulee kärsimään.

Pelkästään teroitusjälki ei ollut pääasiana, tavoitteena myös oli saada terävä puukko aikaiseksi. Jäljeltään hyvännäköisen puukon leikkausherkyys kokeiltiin leikkaamalla paperin sivua. Tavoitteena oli saada terävä puukko ja teroitusjälki, joka olisi mahdollisimman symmetrinen molemmin puolin puukkoa, ja kiillottunut jälki olisi tasapaksu ja tasalinjainen. Ennen kehitystyön alkamista, robottisolulla oli ajettu vain pienin puukkotyyppi hyväksytysti läpi teroituslaadultaan tuotannollisesti.

4 Teoria

4.1 Tarttujatyypit

Robotin tarttuja on väline, jota robotti tarvitsee tarttuakseen materiaaliin, osaan tai työkaluun, jotta robotti voisi suorittaa sille tarkoitetun tehtävän. On olemassa erilaisia tarttuja, jotka toimivat erilaisissa tehtävissä. Erilaisia tarttuja on muun muassa mekaaniset -, koukutyypiset -, kauhatyyppiset -, imu-, magneettiset -, sähköstaattiset – ja kiinnittyvät tarttumat. Tyypillisesti tarttumat jaotellaan kolmeen eri tarttujatyypin: osan hallinta tarttujiin, jotka vievät osan toisesta pisteestä toiseen, työkalun hallinta tarttujiin ja erikoisempiin tarttujiin. (Deb ja Deb 2010.)

4.1.1 Mekaaniset tarttumat

Mekaaninen tarttuja käyttää mekaanisia sormia mekanismin avulla tarttumaan esineeseen. Sormet ovat tarttujan osia, jotka koskettavat esinettä. Vaihdeavien sormien käyttö mahdollistaa kulumisen ja vaihdettavuuden. Erilaiset sormisarjat, jotka käyvät samalle tartuntamekanismille, mahdollistaa laajemman käytön tarttujalla erilaisille esineille. Mekaaniset tarttumat yleensä luokitellaan käytettävän mekanismin tai liikkeen mukaan, missä tarttuja aukeaa ja sulkeutuu joko kääntyvästi tai lineaarisesti. Usein mekaanisissa tarttujissa käytetään vain kahta sormeaa pitämään työkappaletta kiinni. Kolme tai useampi sormiset tarttumat ovat harvinaisempia. (Deb ja Deb 2010.)

Translaatiomekanismeja käytetään laajalti teollisuusrobottien tarttujassa. Yksinkertaisin tarin käyttää mäntäsynterin suoraa liikettä. Sormen liike vastaa männän liikettä ilman mitään liitosmekanismeja niiden välillä. (Deb ja Deb 2010.)

4.1.2 Imutarttuja

Vaikeasti tartuttavia osia on helpommin siirrettävissä imutarttujalla. Niitä usein käytetään nostamaan metallisia, lasisia tai suurempia kevyitä laatikoita. Imukupit ovat yleensä joustavaa materiaalia, jonka vuoksi tarttuja sallii virheitä osan paikoituksessa ja siksi on oivallinen väline osien uudelleen paikoituksessa. Imutarttujan nostokapasiteetin voi laskea kaavasta 1. (Deb ja Deb 2010.)

$$F = KPA_C = KA_C(P_a - P_{res}) \quad (1)$$

jossa

A_C Imukupin koko vaikutusalue, cm^2

F Voima tai nostokapasiteetti, N

K Ilman paineesta ja tiivistysolosuhteista riippuva kerroin

P Alipaine, N/cm^2

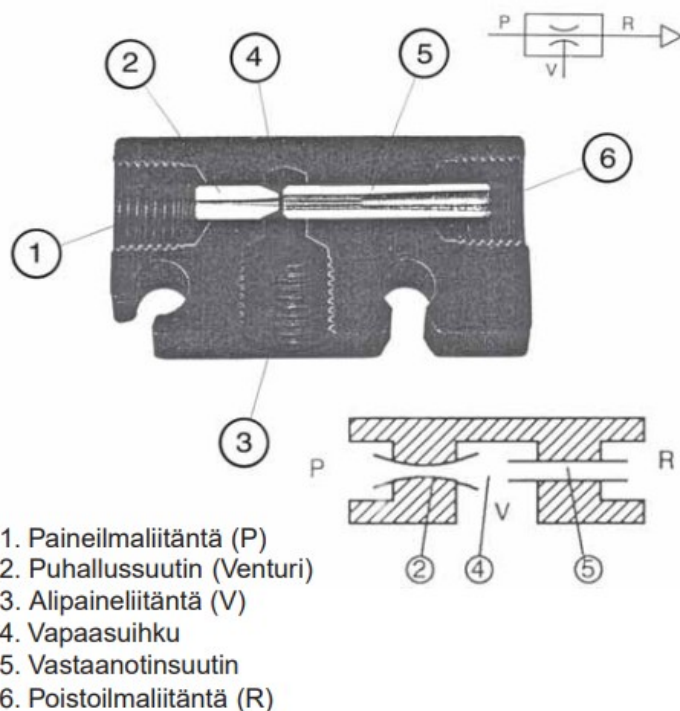
P_a Ilmanpaine

P_{res} Tyhjiökupin jäännöspaine

Alipainetarttujen tekniikka

Alipainetarttujissa käytetään tyhjiötä, joka tarkoittaa suljettua tilaa, jossa kaasut ja höyryt ovat poistettu niin tarkoin kuin on tarpeellista ja mahdollista (Hulkkonen 2005). Ejektoreita käytetään etenkin imukuppien yhteydessä tarvittavan tyhjiön eli alipaineen kehittämiseen. Ejektoreissa tyhjiö kehitetään paineilman avulla (Hulkkonen 2007).

Ejektorien toimintaperiaate perustuu Venturi-ilmiöön (Scemosystems), joka on esitetty kuviossa 3, kun paineilmaliihtäntään [1] kytetään paine, ilma virtaa ejektorin läpi poistoilmaliihtäntään [6], venturisuuttimen [2] ja vastaanottosuuttimen [5] välissä [4] ilmasuihku saavuttaa yläääninopeuden (Hulkkonen 2007). Paineilmaliihtäntään kapenevan virtauskanavan ansiosta ilmanpaine kiihtyy ja päästetään ulos pienestä puhallussuuttimesta suppilomaiseen vastaanottosuuttimeen. Suppilomaisen rakenteen takia ilmalla on tilaa laajentua (Scemosystems), jolloin ilmasuihku imee ilmaa mukaansa venturisuuttimen ja vastaanottosuuttimen välisestä aukosta [4], saaden aikaan alipaineliihtäntään [3] tyhjiön. Imukuppiin muodostuu tyhjiö, kun se painetaan tiiviisti pintaa vasten ja aukkoon P kytetään paine. Alipainetekniikkaan perustuvia imukuppeja käytetään etenkin silloin, kun käsiteltävä kappale on naarmuuntuva, ei magnetoidu, on muodoltaan epäsäännöllinen tai pinnaltaan epätasainen (Hulkkonen 2007).



Kuvio 3. Ejektorin pääosat ja piirrosmerkki (Bosch, Hulkkonen 2007 mukaan)

4.2 Teollisuusautomaatio

Teollisuusautomaatio on teknologioiden käyttöä toistuvina pidettyjen tehtävien suorittamiseen automaattisesti ja mahdollisimman vähäisellä ihmisen väliintulolla (Define business terms). Kiihtyvässä kilpailussa mukana pysyminen vaatii valmistavan teollisuuden yrityksiltä tehokasta, hallittua ja kestäväää tuotannon skaalaamista (Jucat). Tehtaissa yleensä käytetään koneita tuotantoon, mittaukseen, testaukseen, pakkaamiseen ja moniin muihin valmistukseen liittyviin toimintoihin (Lamb 2013).

Automaatio

Automaation määritelmiä on muun muassa tekniikka, jolla laite, prosessi tai systeemi toimii automaattisesti. Yleinen määritelmä on, että jokin saadaan liikkumaan itsestään. Automaation toimiminen vaatii laitteita ja tehonlähteitä, hallintalaitteita muun muassa sensoreita ja toimilaitteita, ja tietokoneita, jotka edesauttavat toimilaitteiden kommunikoinnin keskenään (Hawkins 2013, 115–118). Automaatio korvaa ihmisen manuaalisen toiminnan ja päätöksen teon, loogisten ohjelmointikäskyjen ja mekanisoitujen laitteiden avulla. Automaatio korvaa raskaan ja yksitoikkoisen työn, se voi suoriutua vaarallisessa ympäristössä, tuotanto on

usein nopeampaa ja työvoimakustannukset ovat tuotekohtaisesti alhaisemmat. Automaatiojärjestelmiin voidaan helposti sisällyttää laaduntarkistuksia ja varmuuksia, jotta tuote säilyisi tasalaatuisena (Lamb 2013).

Teollisuusrobotiikka

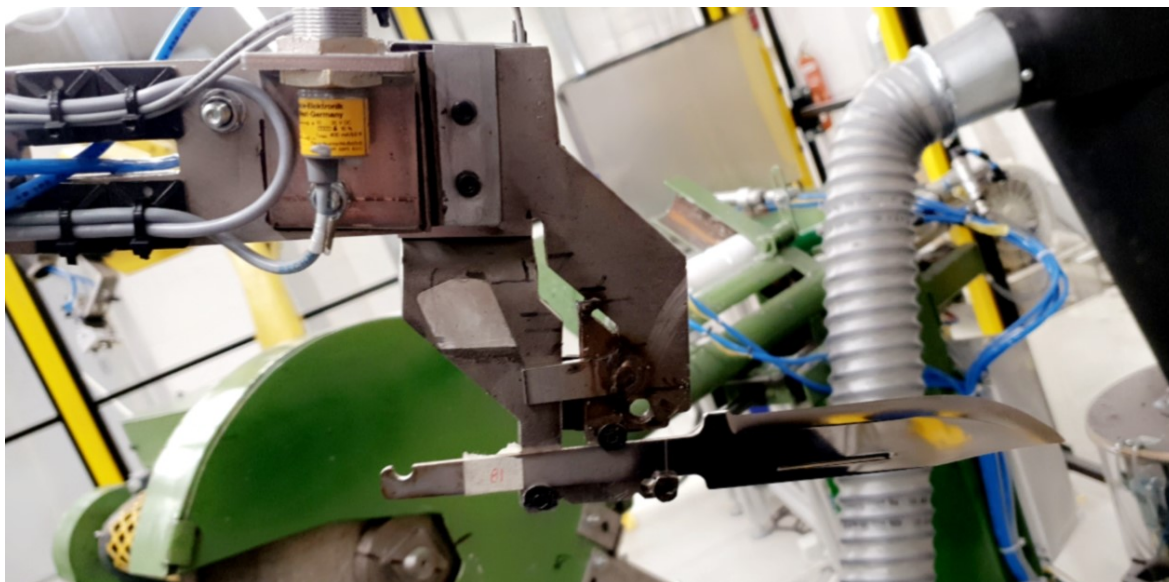
Teollisuusrobotiikasta on tullut olennainen osa valmistusympäristöä. Robotiikka on yleisin teknologia, jota käytetään useimpien kuluttaja – ja kaupallisten tuotteiden valmistuksessa maailmanlaajuisesti. Rahansäästöstä kiinnostuneet valmistusyrietykset tiedostavat, että robotiikkaan tehdyillä investoinneilla on suora positiivinen vaikutus tuloksiin. Teollisuusrobotteja yleisesti käytetään hitsaukseen, lastaukseen ja purkuun, maalaus käsittelyyn ja mekaaniseen kokoonpanoon (Geng 2016). Kansainvälinen standardointijärjestö ISO luokittelee teollisuusrobotit ”automaattisesti ohjatuiksi, uudelleen ohjelmoitaviksi monitoimimanimipulaattoreiksi, jotka voidaan ohjelmoida kolmelle tai useammalle akselille ja jotka voivat olla joko kiinteästi paikallaan tai siirrettäviä teollisuusautomaatiosovelluksia varten” (Osa 3.10 ISO 10219-1-2011, Gengin 2016 mukaan.)

Opinnäytetyön aihealuetta on jo olemassa, eli robotit teroittavat puukkoja, mutta yleensä yksi robotti tekee vain yhden tehtävän. Kehityskohteen robotit suunnitellaan tekemään useita tehtäviä ja tavoitteena on saada ne toimimaan tehtävien mukaisesti. Kehittämistyö on ajankohtainen, sillä työnantajalla ei ole paljoa automaatiota puukkojen teroitukseen vielä käytössään ja yleisesti ottaen tuotannon ylläpitäjät suosivat automaatiota tuotannon tehostamiseksi. Työn onnistuessa työnantaja pystyy paremmin vastaamaan tuotteen kysyntään, mikäli materiaalia on saatavana.

5 Tarttujien suunnittelu ja toteutus

5.1 Teroittajarobotin tarttuja

Alkuperäistä Teroittajarobotin tarttujaa tutkiessa, oli nähtävissä, että tarttuja oli vino ylä-tuesta asti ja sen puristusteho oli aika matala, joten puukko pääsi liikkumaan työstön aikana. Myös tarttujan sivutuet olivat väljät, eikä niihin ole määritetty puukkojen paksuuksia, joten edes ohuin puukko ei ollut tarttujan pohjassa asti. Alkuperäisellä tarttujalla ei pystynyt hyödyntämään laikkaa mahdollisimman paljoa, sillä robotin käsivarsi olisi osunut laikkakoneeseen jonkin ajan kuluttua. Puukon terää lähin tuki oli päässyt kulumaan, oletettavasti törmäysten takia, joita robotti teki pudottaessa puukkoa. Robotin pudottaessa puukkoa, se jäi usein tarttujaan kiinni tarttujan ollessa auki, jolloin puukko tippui tarttujasta vasta osuessaan hakuasemaan. Alkuperäinen tarttuja on esitetty puukon kanssa kuvassa 2.



Kuva 2. Alkuperäinen tarttuja puukon kanssa.

Teroittajarobotin tarttujan suunnitteluun on huomioitu se, että eri puukkomateriaalit vaatisivat erilaisen teroitustoimenpiteen. Kiiltopintaiset (kuva 2) tarvitsevat koko puukon teräosuiden kyljen mittaisen teroituksen, kun taas toisenlaiset (kuva 4) tarvitsevat ainoastaan puukon terän reunan mittaisen teroituksen. Tarttujan vaatimus on, että se olisi tukeva ja heilumaton. Väännön ja nurjahduksen pitäisi olla minimoitu, jotta terä heiluisi vähemmän työstön aikana, mikä olisi mahdollista vain käyttäessä mekaanista tarttujaa. Tarttujan toisen sormen olisi hyvä olla lähempänä teräosaa vähentääkseen terän heilumista työstön aikana. Puukon teräosassa yleensä on puukon tasapainopiste.

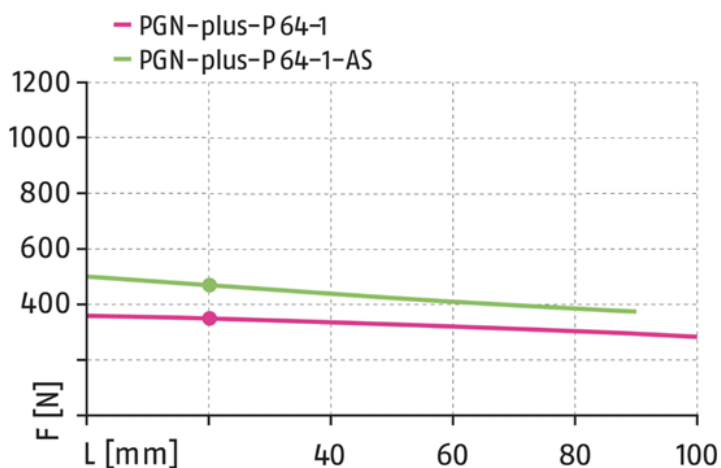
Tarttujan suunnittelun ensimmäinen vaihe oli löytää sopiva mekaaninen tarttuja, joka olisi tarpeeksi pitävä työstön aikana. Mekaniikan etsimiseen oli päätetty, että siihen käytetään

Schunkin tekniikkaa. Schunkin nettisivuilta alettiin selaamaan erilaisia vaihtoehtoja, jotka täyttäisivät tietyt kriteerit kuten: pitolujuus ja avautuminen. Oli myös huomioitu, ettei tarttujan mekaniikka itsessään kuitenkaan painaisi liikkaa robotille.

Erilaisten vaihtoehtojen pohjalta, yrityksessä olleet opinnäytetyön ohjaajat hyväksyivät sopivaksi vaihtoehdoksi kuviossa 4 esitetty SHUNK PGN-plus-P-64-1-AS, joka avautuu 6 mm / puoli, pitolujuus on 500 N, kun sormien pituus on 0 mm, jonka voi nähdä kuvioista 5. Mekaniikan suositeltu työstöpaino on 1,75 kg (Schunk a). Tarttujan nimen AS tarkoittaa, ettei tarttujan mekaniikka irrota kappaletta, vaikka tapahtuisi painehäviö (Shunk b).



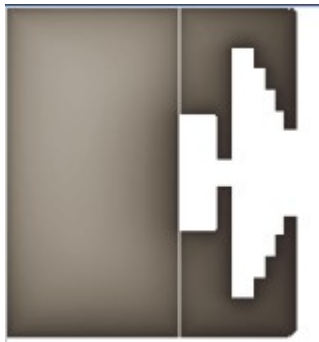
Kuvio 4. Tarttujan mekaniikka PGN-plus-P-64-1-AS (Schunk a)



Kuvio 5. Tartuntavoima: x sormen pituus, y tartuntavoima (mukailtu Schunk a)

5.1.1 Ensimmäinen suunnitelma

Seuraavaksi alkoi tarttujan suunnittelu. Ensimmäinen ajatus on, että muokataan alkupe- räistä tarttujaa järkevämmäksi sormistaan, eli tarttuja on robotin suuntaisesti. Robotti joutuu kääntämään itseään laikan suuntaisesti saadakseen puukon teroitukseen. Kuviossa 6 on esitetty ensimmäinen pelkistetty luonnos mahdollisten tarttujen sormien ulkonäöstä.



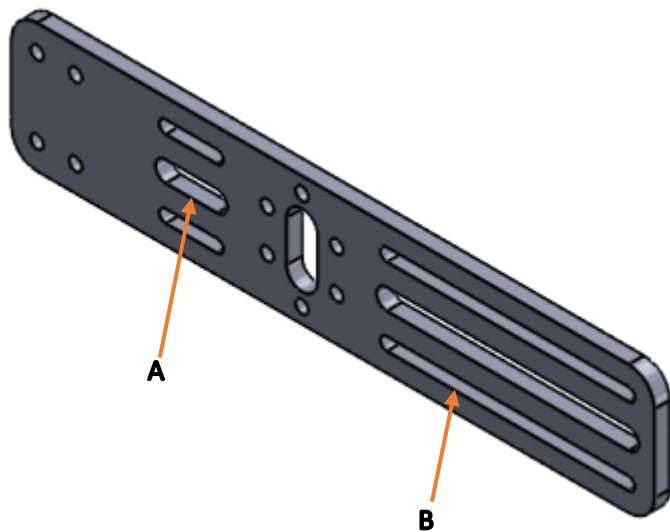
Kuvio 6. Yksinkertaistettu luonnos symmetrisistä tarttujan sormista

Kuvion luonnos on suunniteltu niin, että sormet aukeavat ulospäin tarpeeksi, jotta kapeim- masta paksuimpaan puukkoon mahtuu aihion varresta tarttujan sormiin. Ongelmaksi kui- tenkin tulee liian vähäinen puukon sivutuki tarttujalla ja tarttujan sormia on vaihdettava usein niiden kuluessa. Laikan käytön pidempiaikaista käyttöä varten on vaihdettava puukon pito- puolta, jotta laikkaa voidaan hyödyntää mahdollisimman kauan. Myös luonnoksen tarttuja ei olisi toiminut puukkojen kanssa, joissa pitää kiillottaa koko puukon terä, koska tarttujan saama paine olisi kuluttanut sormien uria liian nopeasti.

5.1.2 Toinen suunnitelma

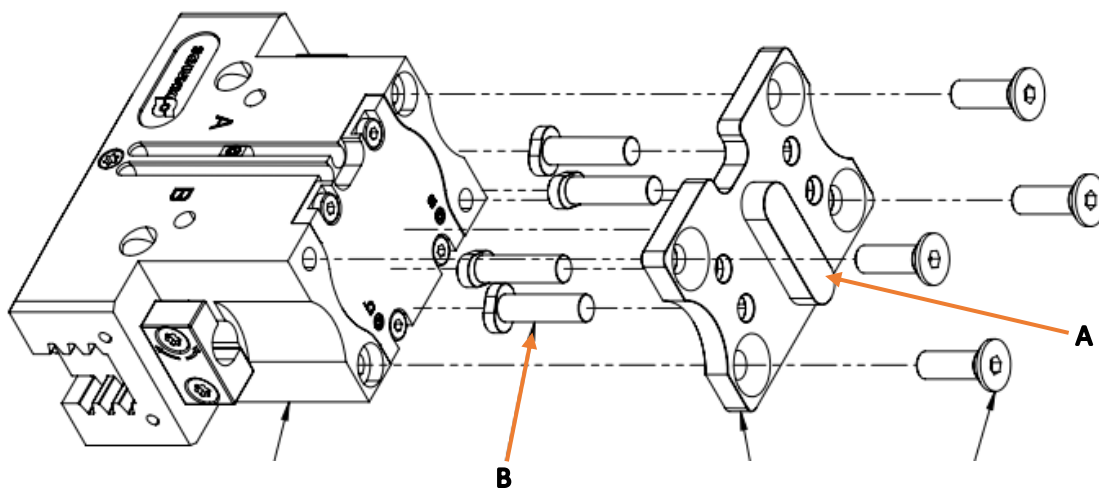
Toisena vaihtoehtona pyritään keksimään tarttujan malli, joka olisi kohtisuorassa robottiin nähden, jotta robotilla ei olisi riskiä osua laikkakoneeseen. Tarttujan sormet yksinkertaista- taan ja sormien varret tuetaan. Sormet ottaisivat puukkoa kiinni varresta ja terästä, tai mah- dollisimman läheltä puukon teräosuutta parhaimman tuennan varmistamiseksi. Puukon te- rästä kiinniottaessa on huomioitu, ettei tarttujan sormet voi olla samanpituisia. Sormien pi- tuuksissa on huomioitu, että niiden tuki pysyy järkevänä ja toteutettavana, mutta kuitenkin niin, ettei pituus olisi liikaa, jolloin kuvioista 5 katsottava pitolujuus ei laskisi liian alhaiseksi. Kuvioista 5 voi tutkia puukon varren pitolujuudeksi olevan noin 390 F[N], kun tarttujan pisim- män sormen pituus on noin 88 mm. Teräosuuden sormella taas pitolujuus on noin 400 F[N], kun sormen pituus on noin 73 mm. Yksinkertaistetut tarttujan sormet on esitetty kuviossa 9. Mekaanisille tarttujille luotiin teline, jossa niiden etäisyyttä toisistaan voidaan säätää puukon mukaan. Tarkoituksena on, että toinen mekaanisista tarttujista olisi vakio ja varren tarttujaa

pystyisi liikuttaa niin, että puukko saa tarpeellisen tuen hinkkaukseen. Kuviossa 7 on esitelty viimeisin versio tarttujien telineestä ja sen tarttujan vastakappaletta on esitetty kuviossa 8.

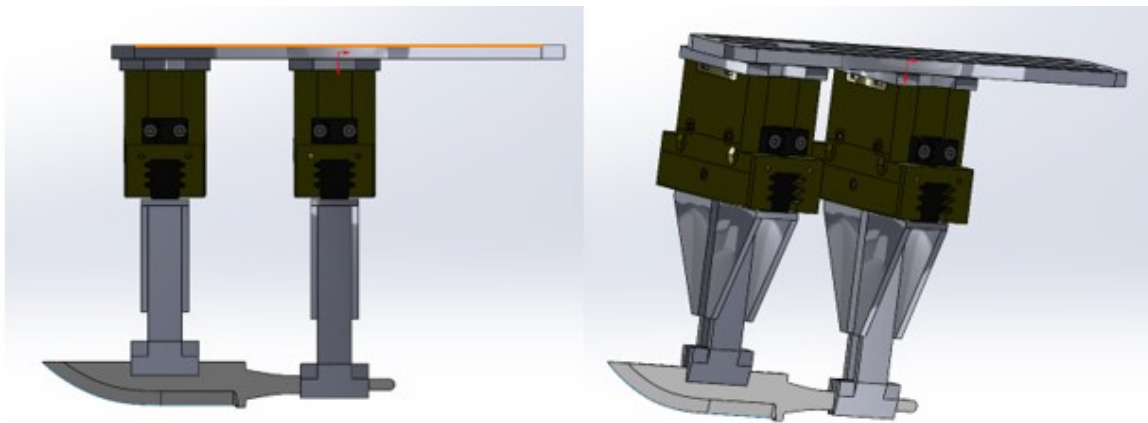


Kuvio 7. Teroittajarobotin tarttujien teline

Telineessä on esitetty robottiin kiinnityskohdat ja urat, mihin tarttumat kiinnittyvät. Keskosuuteen kiinnittyy robottiin kiinnittävä tuki. Sisempään uraan [A] asettuu tarttujaan luotu ohjaukappale ja ulompiin uriin [B] tarttuja kiinnittyy kiinnityspultein.

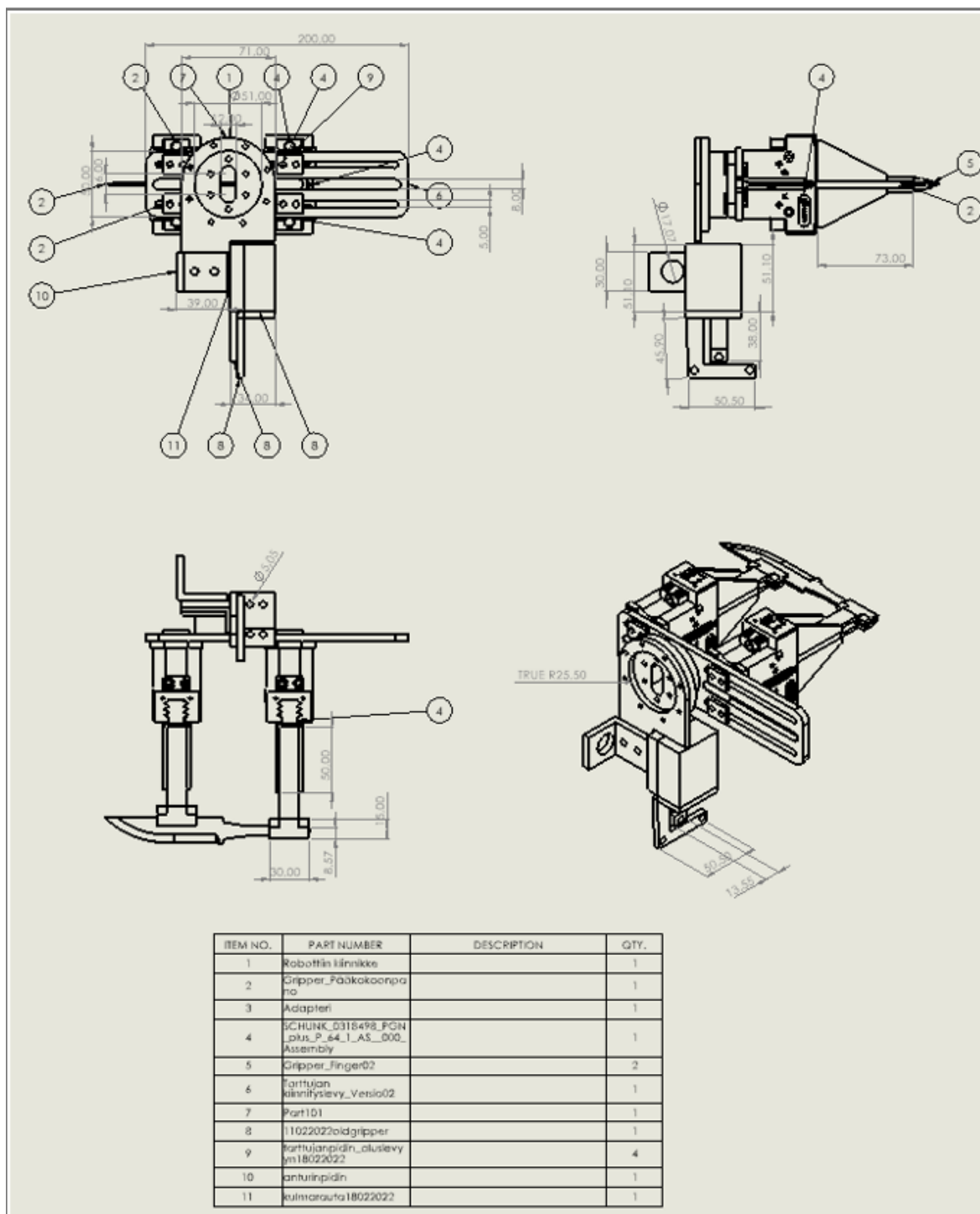


Kuvio 8. Teroittajarobotin tarttujan telineen vastakappaleen piirros



Kuvio 9. Yksinkertaistetut tarttujan sormet ja niiden teline

Kun teroitustarttuja on saatu käyttökelpoiseksi, on suunniteltava, että miten robotti nostaa puukon telineestä. Uudella tarttujallaan robotti ei mahdu noutamaan puukkoa telineestä sen kapeiden välien takia. Tähän ensimmäiseksi ajatellaan alkuperäisen tarttujan integroimista uuteen tarttujaan (kuvio 10). Mutta ajatus unohdettiin sen monimutkaisuuden ja tilanpuutteen takia. Alkuperäinen tarttuja olisi ollut vaikea sen kiinnityksen puolesta ja se olisi tullut tielle robotin teroittaessa puukkoa. Mahdollisesti osunut laikan yläsuojukseen. Laikanmitausanturi olisi myös ollut ongelmallinen sijoittaa tämänlaisen yhdistelmän puolesta.



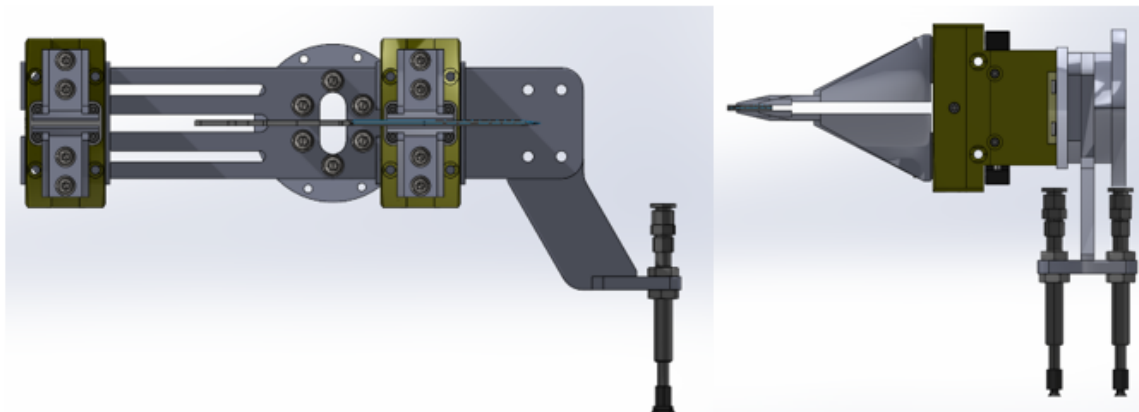
Kuvio 10. Tekninen luonnospirros uuden – ja alkuperäisen tarttujan yhdistelmästä

Seuraavaksi suunnitellaan millainen tarttujatyyppe toimisi paremmin. Pohdinta keskittyi magneettiseen ja alipainetarttujaan niiden kevyen painon ansiosta ja yksinkertaisen toimintatavan. Pohdinnan perusteella pystyi todeta alipainetarttujan toimivan paremmin, sillä magneettista tarttujaa varten olisi muokattava hakuaseman telineet niin, ettei magneetti ottaisi niihin kiinni. Myös erimateriaalisilla puukoilla oli erilainen magneettisuustaso, joten magneetti ottaisi heikommin kiinni erimateriaalisiin puukkoihin.

Pohdinnan mukaan yhdistelmätarttujassa toimisi parhaiten alipainetarttuja toisena tarttujana, joten tarttujaan on yhdistettävä alipainetarttuja, jolla robotti hakee puukon hakuase-
man telineestä. Robotille on valittu yhteistyöhenkilön puolesta kaksi putkimallista ejektoria (kuva 3), jotka liitetään Teroittajarobotin mekaaniseen tarttujaan. Imukupin kokonaismitat (runko + imukuppi + liitin) on noin 65 mm, kiinnitysreiän koko on \varnothing 8 mm. Teroittajarobotin mekaaniseen tarttujaan lisättiin vaan lisäosa, johon alipainetarttuja kiinnittyisivät. Se suunniteltiin olevan tarpeeksi takana, jotta se ei olisi vaarassa rikkoutua robotin työstäessä puukoa laikalla, ja jotta mekaaninen tarttuja ei osuisi hakuasemalla telineeseen. Kuviossa 11 on SolidWorksillä suunniteltu Teroittajarobotin tarttuja ilman induktiivista laikanmittausanturia, joka lisätään jälkikäteen.



Kuva 3. Yhdistelmätarttujan ejektorit



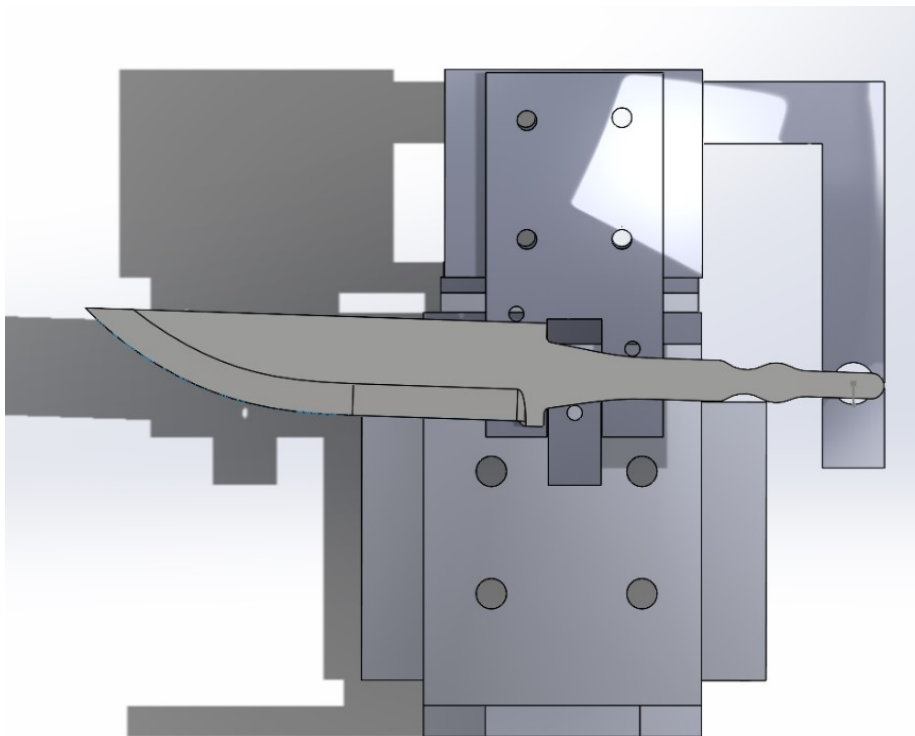
Kuvio 11. Viimeinen SolidWorks mallinnus tarttujasta

Teroittajarobotille ei tehty juurikaan 3D-mallinnusta tarttujan osalta. Tarttujan sormet on suunniteltu helposti vaihdettaviksi tarpeen mukaan. Ainoa ongelma, mitä uusi yhdistelmä-tarttuja aiheutti, oli sulakkeen palaminen robotin sähkökaapissa, mikä johtui uuden tarttujan asennusvirheestä. Jotkin johdot ottivat yhteen ja robotin anturille ei tullut nollaa. Uudella tarttujalla toiminta on testattu toimivaksi 13.6.2022, silloin robotin työstötulos on ollut sallituissa rajoissa teroitettu puukko.

5.2 Pesuaseman tarttuja

Alkuperäisen pesuaseman tarttujan ongelma oli tarttujan pitimien huonosti uudelleen sijoittelu. Tarttujalla on joustava induktiivisen anturin pidin, minkä seurauksena anturi ei aina tunnistanut puukkoa. Puukko koskettaa myös vain anturia sivusta, sillä anturin tuki on liian pitkä. Muita alkuperäisen tarttujan huomioita oli se, että tarttuja tärähtää aina robottien laskeutuessa ja hakiessa puukkoa. Tarttuja oli suunniteltu ottamaan kiinni puukosta kolmella pienellä ruuvilla, joiden ympärille on laitettu suojustus, minkä seurauksena puukolla ei ole ylä-tukea juurikaan. Tarttujan ruuvit olivat myös asetettu liian lähelle toisiaan, joten paksuin puukko ei mahtunut tarttujaan ollenkaan.

Ensimmäisinä pohdintoina oli muokata vanhaa pesutarttujaa niin, että tarttujan liikkumattoman tuen tekisi uudelleen, ja siirtäisi reiän paikoitusta vain 5 mm taaksepäin, mahtuisi isoin puukko tarttujaan ja jäisi pienelle puukolle tarpeeksi pitoalaa.



Kuvio 12. Muokattu alkuperäinen pesutarttuja

Tarttujan ongelmallisuudeksi paljastui, että tarttujan osien on koskettava veteen, mikäli pieni puukko asetellaan niin kuin kuviossa 12. Ultraäänipesu ei tapahdu veden pinnalla, joten puukon terän pitäisi mennä aika syvälle veden pinnan alapuolelle, jotta pesun tehokkuus olisi hyvä.

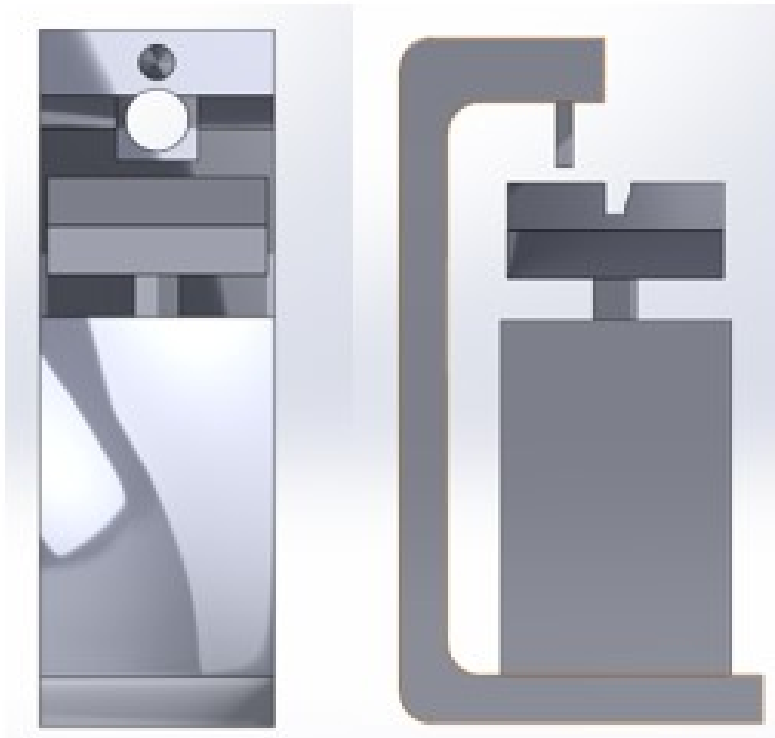
Toinen vaihtoehto oli, että tarttujan muokkaisi alipaine- tai magneetti tarttujaksi, mutta nopeasti pystyi todeta, ettei ole niin vahvaa alipainetarttujaa keksitty, joka voisi olla järkevä ratkaisu tähän. Magneetilla toimivaa tarttujaa pohtiessa, materiaalien eri magneettisuus osoittautui ongelmaksi. Myös Teroittajarobotin tarttuja olisi ottanut magneettiin kiinni, mikä ei olisi hyvä vaihtoehto. Ongelmaksi myös tulee puukon suoruus tarttujalla. Puukko tarvitsee sivutuet, ettei puukosta tule uutta muuttujaa robottisolulle, mikä vaikeuttaisi huuhtelurobotin hakua. Mistä tulee uusi ongelma: kiinteissä sivutuissa on liikaa liikkumavaraa puukojen välillä. Sivutuet vaatisivat toisen sylinterimäisen tarttujan.

Kuten mainittu, että kuvion 12 ongelmaksi tulee se, että terät on upotettava kokonaan pesualtaaseen, minkä vuoksi osa tarttujaa menee pesuun. Sen kestävyys pidemmän päälle saattaa kärsiä väärän materiaalin vuoksi. Tarttuja joutuu olemaan lämmössä (0–80 celsius) ja pH 1,5–13,5. Pesuaineet neutraali, hapan tai emäksinen, riippuen esineen likaisuudesta.

Huomioitu on myös, että FinnSonicin pesuaseman tarttuja tarvitsee myös uuden telineen, johon uusi tarttuja sijoitettaisiin mahdollisimman lähelle vettä. Teroittajarobotin suunniteltu

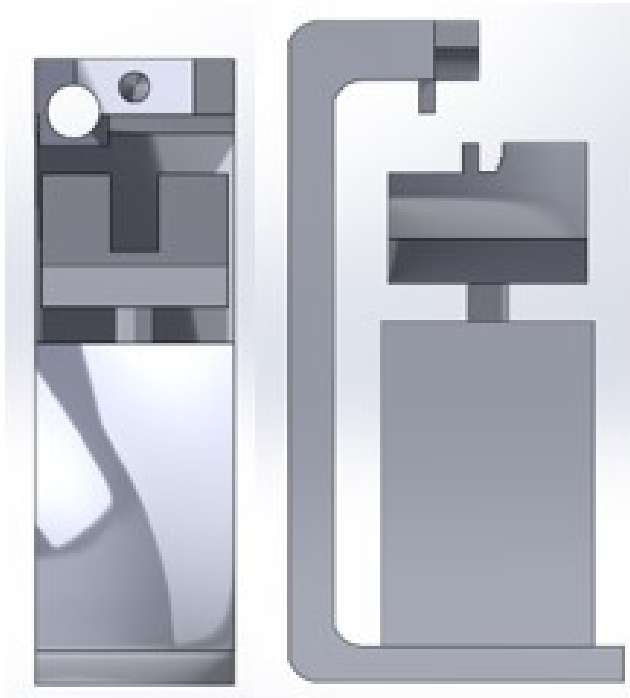
tarttuja avautuu molempiin suuntiin, ja näin ollen vaatii avaran tilan. Teroittajarobotin tarttuja on pituussuunnassa 30 mm, joten pesuaseman tarttujasta alettiin kehittämään pystysuuntaista versiota, joka olisi molempien robottien tarttujille tarpeeksi hyvä.

Alkuperäisestä tarttujasta on uudelleen käytetty Feston sylinteriä ADNGF-16-10-PA, jonka liikerata on 10 mm. Sen toiminta paine on 0.15 MPa:sta 1 MPa:han ja teoriaan perustuva työntövoima 0.6 MPa:n kohdalla on 121 N (Festo).



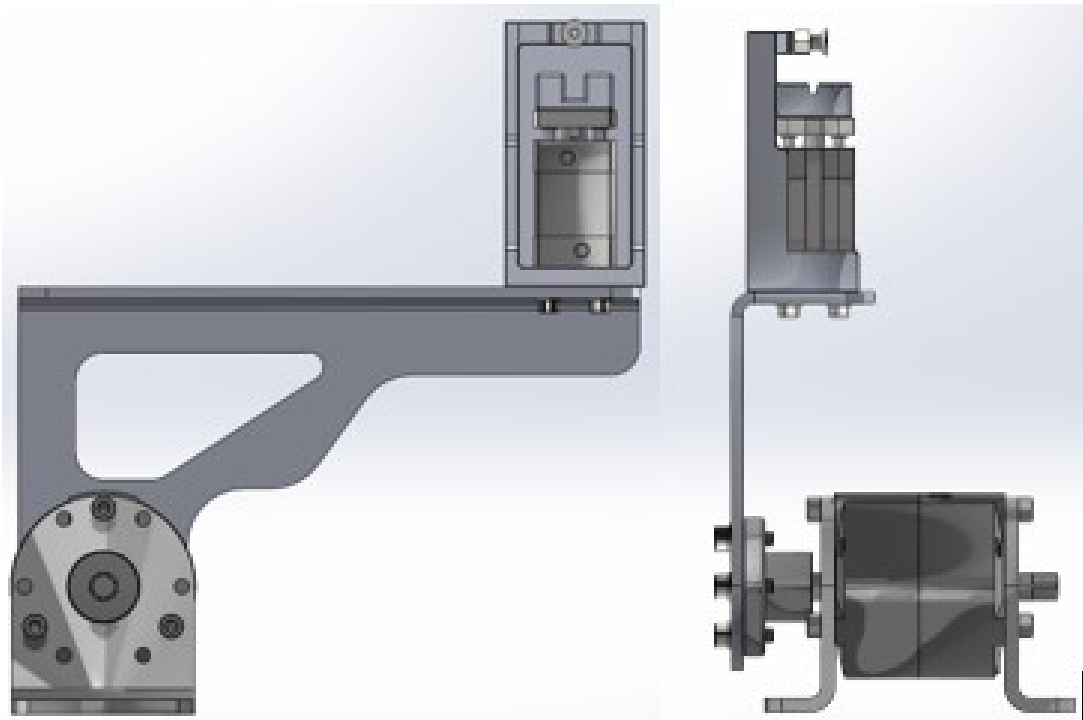
Kuvio 13. Pystymallin pesuaseman ensimmäinen luonnos

Tarttujaa seuraavaksi aloitettiin kehittämään puukkotyypeille enemmän sopivammaksi. Kuviossa 13 alaosa oli liian pitkällä, mikä oli huono asia ohuen puukon kannalta, myös läpiviety reikä (anturin tuki) olisi törmännyt alatarttujaan sylinterin sulkiessa tarttujan. Anturin tuki siirrettiin ylemmäs ja alatarttujaa madallettiin, jolloin seuraavaksi ongelmaksi tuli Huuhtelu-robotin hakeminen.



Kuvio 14. Toinen versio tarttujasta

Kuviossa 14 on muokattu tarttuja niin, että Huuhtelurobotti pystyisi hakemaan puukon. Lopulta pesupisteellä luovuttiin induktiivisesta anturista tarttujassa sen tuottamien suunnitteluongelmien takia. Mikäli myöhemmin todetaan anturin olevan tarpeellinen, niin sille tehdään erikseen teline, josta se tunnistaa puukon vaan puukon teräosuudesta, sillä lyhyttä puukkoa ei voisi tunnistaa sen kantapäädästä sen lyhyiden takia.



Kuvio 15. Pesuaseman tarttuja, jossa kääntösyylinteri on piirretty väärälle puolelle

Pesuaseman uuden tarttujan (kuvio 15) pystyrunko ja alatuki 3D-tulostetaan, jolloin voidaan tarkistaa miten puukot mahtuvat tarttujaan. Tutkittaessa päätettiin, että alatuen on oltava isompi niin, että Huuhtelurobotin tarttuja mahtuu ottamaan puukkoa. Muokkaukset tehtiin pystyrunkoon, sekä tarttujaan. Uusi pesutarttujan runko ja 3D-mallinnus asennettiin pesuasemalle. Puukot testattiin ja todettiin, että korkeat kantaiset puukot mahtuvat myös tarttujalle, mikäli ne laitetaan vinottain siihen, mikä taas aiheuttaa ongelmaa Huuhtelurobotilla. Teroittaja- ja Huuhtelurobotti koodattiin onnistuneesti pesuaseman tarttujalle.

5.3 Huuhtelurobotin tarttuja

Alkuperäinen tarttuja oli suunniteltu niin, että se hakee pesutarttujalta puukon, käy huuhtelemassa sen, kuivaa teräosuuden paineilmalla ja tarttuvaihtopisteen kautta vaihtaa puukon pidon alipainetarttujalle, jotta se pystyi nostamaan puukon laserkuljettimen pätyyn. Tarttujan suurin ongelma oli, ettei alipainetarttujaa voinut hyödyntää esimerkiksi nostamaan puukkoa tasaiselta alustalta sillä sen mekaaninen tarttuja osuisi ensin tasaiselle alustalle.

Tarttujaa kehitettiin niin, että sen kolmen pisteen tarttuin osia pidennettiin (kuva 4), jotta tarttuja ylettyi ottamaan puukon uudesta pesutelineestä paremmin. Myös alipainetarttujaa ulkoistettiin, jotta robotti pystyi toimimaan paremmin laserkuljettimella.

Huuhtelurobotin tarttujan vaihtopisteellä tarttuja oli tuettu nippusiteellä. Se tuettiin pysyvästi kiinni, jotta vaihtopisteen tarttuja ei päässyt enää vaihtamaan asentoaan prosessin aikana. Korjauksen jälkeen Huuhtelurobotti lopetti vaihtopisteellä tarttujaan törmäämisen.



Kuva 4. Huuhtelurobotin uudistettu tarttuja ja 3D-tulostettu pesutarttuja

5.4 Teroittajarobotin vaihtoasema

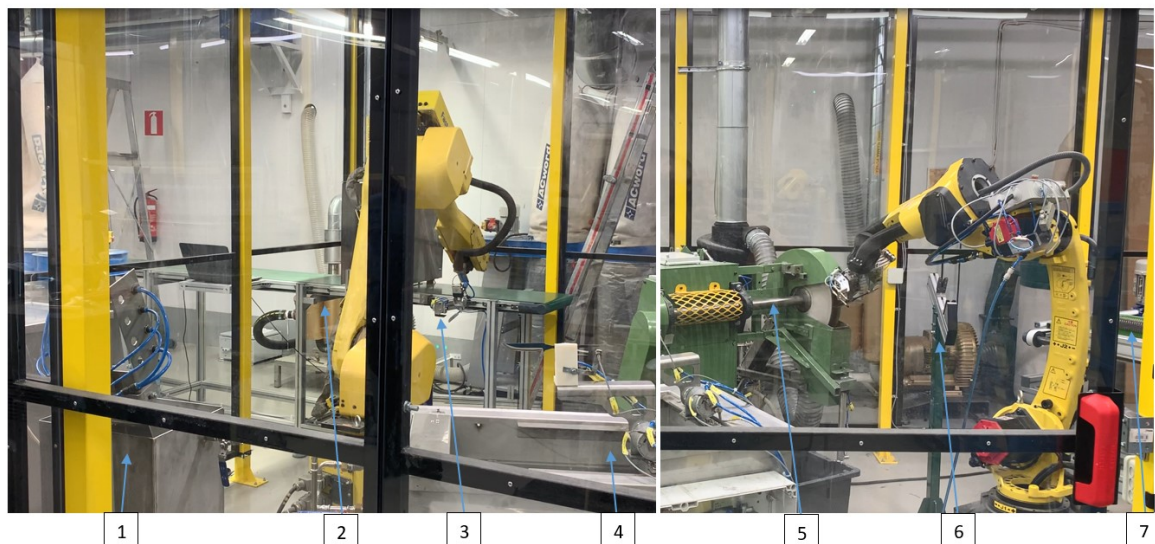
Alkuperäinen suunnitelma oli löytää ratkaisu hakuaseman telineiden muokkaamiseen niin, että puukot tasautuisivat jo siellä. Eräs suunnitelma oli tasata puukkojen kannat magneetilla, mikä olisi ollut telineeltä laskeutuva, jotta Teroittajarobotti ei törmäisi siihen. Suureksi ongelmaksi kuitenkin tuli laitteen toimimisen monimutkaisuus, niin sitä ei koettu tarpeelliseksi tässä järjestelmässä. Magneetin muita ongelmia oli myös se, että se olisi ottanut hakutelineeseen ja robotin omaan tarttujaan kiinni.

Suunniteltu yksinkertainen ratkaisu oli kehittää teline, jossa hyväksikäytetään painovoimaa ja materiaalin liukkautta. Alettiin kehittämään vaihto- ja tasausasemaa, jonne robotti vie alipainetarttujalla puukon. Puukko tasautuu kannasta vaihtoaseman telineen pohjaan. Näin ollen robotti ottaa aina samasta kohtaa kiinni puukkoa mekaanisella tarttujallaan.

6 Robottisolun viimeistely

Ohjelmointi

Tarttujien päivityksien myötä oli tarkastettava ja uudelleen ohjelmoitava robottien koordinaatit. Ohjelmointiin käytettiin robottien omaa ohjelmointikapulaa (Teach Pendant), jolla manuaalisesti voi ohjata robotteja ja opettaa uudet koordinaatit. Ohjelman päivitys tapahtui käyttämällä ”toggle” toimintoa, eli vanhat ohjelman koordinaatit siirrettiin pois käytöstä. Uudet ohjelmoidut koordinaatit kirjoitettiin ”New code” otsikon alle, jotta mahdollisten virheiden tapahtuessa vanha ohjelma on olemassa ja helposti löydettävissä, mutta oli huomioitava, ettei robotteja voitu käyttää vanhalla ohjelmalla mahdollisten törmäysten takia, sillä vanhan ohjelman koordinaatit toimivat vain alkuperäisillä tarttujilla. Kuvan 5 alapuolelle on lyhyesti selostettu, että millaisia ohjelmakoodeja roboteille opetettiin.



Kuva 5. Robottisolun layout, jossa yhdistetty kaksi kuvaa

Teroittajarobotti

- Uudelle tarttujalle ohjelmoitiin hakuasemaan [7] koordinaatit uudestaan, jotta robotti hakee puukon hakuasemalta uudella alipainetarttujallaan.
- Tarttujan vaihtopisteen [6] kiinnitettyä lattiaan robotti ohjelmoitiin viemään puukko telineeseen ja ottamaan puukko käsittelyyn mekaanisella tarttujallaan.
- Uuden tarttujan puukon teroituskoodinaatit opetettiin uudestaan laikkakoneella [5].
- Pesuaseman [4] robotin odotuspiste ja myös pesuaseman tarttujaan vientikoordinaatit ohjelmoitiin.
- Laikan etäisyyden mittaamisen toiminta tarkastettiin ja uudelleen ohjelmoitiin.

Huuhtelurobotti

- Pesuaseman tarttujalta hakemisen koordinaatit tarkastettiin ja ohjelmoitiin.
- Robotin tarttujanvaihtoaseman [3] koordinaatit tarkastettiin, sillä vaihtoasema kiinnitettiin pysyvästi kiinni. Myös pienet muutokset tarttujassa tarkastettiin toimivaksi.
- Ohjelmoitu laskemaan puukko laserkuljettimelle [2], ei niin reunaan kuin aikaisemmin.
- Robotin tarkkuutta vaativien pisteiden ohjelmakoodia hidastettu.

Manuaalisella ohjauksella Huuhtelurobotti alkoi tekemään tarttujan vaihtopisteellä 24 VDCn (tasavirta) ketjuvirhettä, mikä aiheuttaa ECO1 virheen merkkivalon syttymisen. Virhevalo lähti, kun molemmat robotit kuitattiin automaatio toiminnossa. Ongelman syytä ei selvitetty.

Viimeisellä opinnäytetyön viikolla tehtiin viimeiset hienosäädöt robottisolun toimintaan. Pesuasema oli kiinnitetty paikoilleen robottisolun, mikä aiheutti hämmennystä, sillä robotit törmäsivät pesuaseman tarttujalla. Henkilökohtaisesti minulle ei kerrottu asiasta ja viimeiset muistikuvani olivat robottisolun toiminnasta sellaiset, että robottisolu oli toiminut moitteettomasti edellisellä ohjelmointikerralla.

Viimeisellä viikolla tehtiin viimeiset korjaukset, kuten Teroittajarobotin alipainetarttujan solenoidiventtiin kytKentä ja ohjelmointi, laserkuljettimen terien väärin sijoittelun korjaus, huuhtelu- ja kuivausaseman [1] paikalleen laitto ja ohjelmointi, ja FinnSonicin ultraäänipesuri ohjelmoitiin ja käyttöön otettiin. Kahden tunnin koeajon jälkeen robottisolu todetaan vakaaksi työstöjäljeltään ja koeajon tuloksiin on oltu tyytyväisiä. Koeajon yhden puukon työstöaika on ollut hakuasemalta laser kuljettimelle noin 3:30 min, mikä olisi noin 32 puukkoa tunnissa. 3:30 min on laskettu molempien robottien yhteenlaskettu aika puukkoa kohden. Laskukaavassa 2 on laskettu arvio, että kuinka monta puukkoa robotit saisivat kuljettimelle asti tunnin aikana, mikäli ne eivät olisi olleet jo käynnissä. Laskussa ei ole huomioitu robotisolussa vaadittavaa ylläpitoa kuten laikan vahaaminen ja sorvaaminen.

$$\frac{h-n}{n/2} \quad (2)$$

, jossa

h tunnin yksikkö

n 1 puukon työstöaika

$$\frac{60 \text{ min} - 3,5 \text{ min}}{3,5 \text{ min} / 2} = 32,2857$$

7 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää robottisolua toimivammaksi niin, että se tuottaisi mahdollisimman tasalaatuista teroitusjälkeä, jotta sitä voitaisiin käyttää tuotantotarkoituksessa. Yritys voisi paremmin vastata asiakkaiden kysyntään puukkojen puolesta, mikäli robottisolua saadaan käyttöönotettua, ja mikäli materiaalia on saatavilla.

Robottisolussa on löydettävissä puukon teroituksen laatuun vaikuttavia tekijöitä, joiden takia teroituksen laatua ei voitu taata tuotannollisessa tarkoituksessa. Opinnäytetyön kehitystyö painottui robottisolun tarttujiin, sillä ne olivat tärkein osa robottisolun tuottamaa laatua. Tarttujien työtuloksen vakiinnuttua pystytään paremmin luottamaan robottisolun tulokseen tuotannollisesti.

Opinnäytetyöllä on mahdollista saavuttaa robottisolulta haluttua tavoitetta, eli robottisolua tuottaa tarpeeksi tasalaatuista teroitusjälkeä puukoille robottien ollessa automaattilla. Kuitenkin huomioitavaa on, että robottisolun kehitys tapahtui vain yhden puukkotyyppin ympärillä, minkä ohjelmakoodia voi käyttää pohjana muiden puukkotyyppien käsittelyssä, mutta niiden yksityiskohdat pitää opettaa roboteille erikseen. Tulevaisuudessa tullaan tekemään lieviä muutoksia teroitukseen, jotta teroitus tulos olisi parempi, ja myös lyhennetään robottien puukon työstöaikaa.

Muita mahdollisia muutoksia on automaattisen laikkakoneen vahaussaseman säätö toimivammaksi, sillä opinnäytetyön aikaisilla säädöillä vaha ei yleensä osunut edes laikkaan. Vahauksen ja sorvauksen jaksoitus on myös tutkittava optimaaliseksi tuotannon käynnissä ollessa, jotta laatu pysyisi puukon terässä suhteellisen samanlaisena.

Laikan mittaukseen voisi tutkia erilaisia vaihtoehtoja, että se saataisiin toimimaan varmemmin. Opinnäytetyön aikaisilla komponenteilla ja ohjelmalla logiikka saa tiedon vain yhdestä pisteestä laikkaa, mutta työstön yhteydessä yleensä laikka kuluu eri kohdista eri tavalla.

Laikan suojusta myös saatetaan säätää, sillä kun robotti teroittaa ja laikan kuluessa se liikkuu enemmän laikan suojuksen alle, niin todennäköisesti jossain vaiheessa tulee raja vastaan, milloin robotti tulee törmäämään laikkakoneen laikan yläsuojukseen. Suojuksen muokkaaminen edesauttaa tuotannon tulosta, kun laikkaa voidaan käyttää mahdollisimman paljon.

Muita mahdollisia robottisolun automaation kehityskohteita robottisolun autonomian saavuttamiseksi olisi mahdollisesti konenäön, erilaisten anturien, pakkausaseman ja QR-koodien ("Quick Response eli nopea vaste") lisääminen. Konenäkö tarkastamaan, että puukossa oleva teroitusjälki on sallituissa rajoissa, anturit kertomaan milloin laikka on liian

epätasainen, pakkausasema keräämään valmiit puukot seuraavaa pistettä varten ja QR-järjestelmä toimimaan yhteenvetona, eli kertomaan logiikalle mikä puukkotyyppi on tulossa robottisolulle, simatic päivittää monta puukkoa pääsi läpi ja robottisolun työstön jälkeen merkitään puukkosarja valmiiksi.

Lähteet

Deb, R. & Deb, S. 2010. Robotics Technology and Flexible Automation, 2nd edition.

Viitattu 19.3.2023. Saatavissa

<https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780070077911>

Fanuc. M-10iD/12. Viitattu 25.3.2023. Saatavissa <https://www.fanuc.eu/pt/en/robots/robot-filter-page/m-10-series/m-10id-12>

Fanuc robotics. M-16iBtm Series. Viitattu 25.3.2023. Saatavissa <https://www.irsrobotics.com/wp-content/uploads/2019/06/1M-16iB.pdf>

Festo Viitattu 26.3.2023. Saatavissa <https://www.festo.com/tw/en/a/554213/>

Geng, H. 2016. Manufacturing Engineering Handbook, 2nd Edition. Viitattu 20.3.2023.

Saatavissa <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071839778>

Hawkins, W. 2013. Automating manufacturing operations: the penultimate Approach. New York: Momentum Press, LLC. Viitattu 20.3.2023.

Hulkkonen, V. 2005. Tyhjiötekniikan perusteet. Fluid Klinikka No 12. Viitattu 12.3.2023.

Saatavissa <https://www.salhydro.fi/files/PDF/15.tyhjotekniikan-perusteet.pdf>

Hulkkonen, V. 2007. Tyhjiötekniikka – ejektorit. Fluid Klinikka No 16. Viitattu 12.3.2023.

Saatavissa <https://www.salhydro.fi/files/PDF/2.tyhjotekniikkaejektorit.pdf>

Jucat Oy. Automaatiotason nosto kannattaa – lue viisi hyötyä. Viitattu 18.3.2023.

Saatavissa <https://jucat.fi/fi/automaatiotason-nosto-kannattaa-lue-viisi-hyotya/>

Lamb, F. 2013. Industrial Automation: Hands-On, 1st edition. Viitattu 20.3.2023.

Saatavissa <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071816458>

Scemosystems. Viitattu 19.5.2023. Saatavissa:

<https://scemosystems.fi/fi/pneumatiikka/pneumaattiset-alipaine-laitteet/smc-zl112-e65l-moniasteinen-alipaine-ejektori-12mm-suuttimella-24vdc-zse4-alipainekyllimell%C3%A4>

Schunk. A Viitattu 20.3.2023. Saatavissa <https://schunk.com/tw/en/gripping-systems/parallel-gripper/pgn-plus-p/pgn-plus-p-64-1-as/p/000000000000318498>

<https://schunk.com/tw/en/gripping-systems/parallel-gripper/pgn-plus-p/pgn-plus-p-64-1-as/p/000000000000318498>

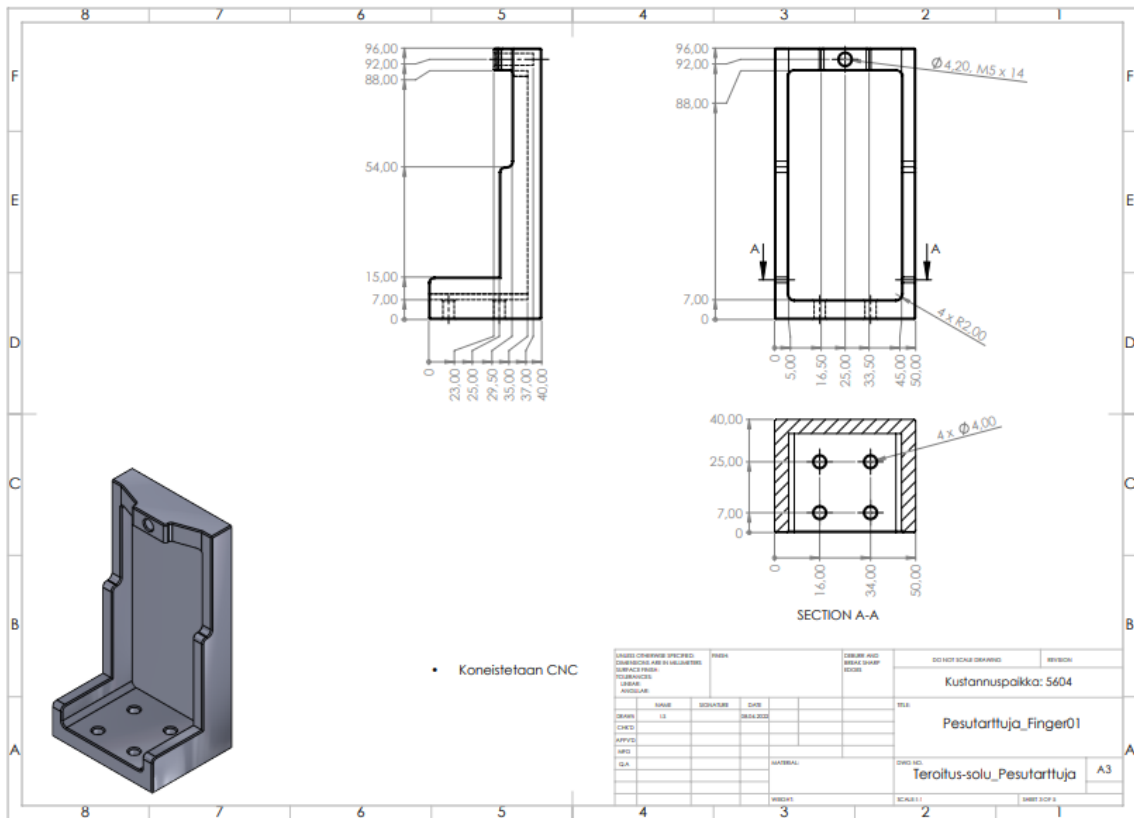
Schunk. B Viitattu 22.4.2023. Saatavissa https://schunk.com/tw/en/gripping-systems/parallel-gripper/pgn-plus-p/c/PGR_3228

https://schunk.com/tw/en/gripping-systems/parallel-gripper/pgn-plus-p/c/PGR_3228

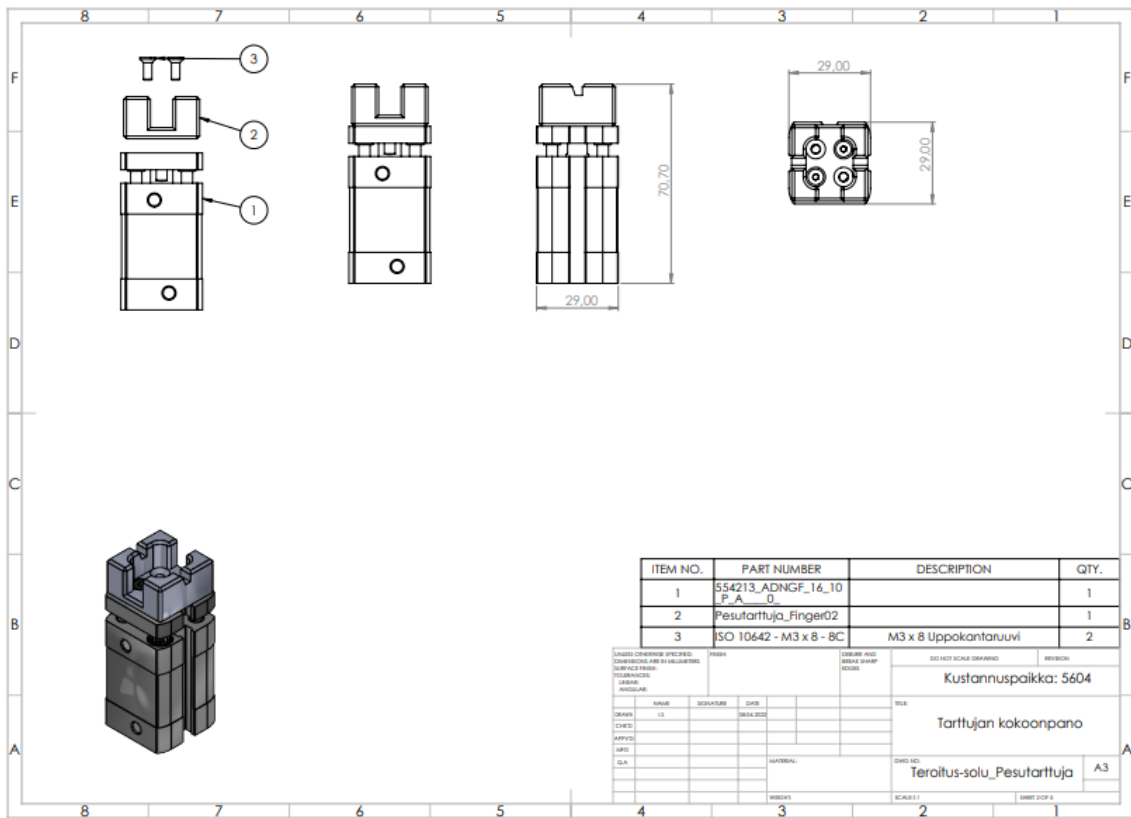
Teollisuusautomaatio. Define Business terms. Viitattu 18.3.2023. Saatavissa

<https://www.definebusinessterms.com/fi/teollisuusautomaatio/>

Liite 3. Pesutartujan toinen tartuin osa



Liite 4. Pesutarttujen kokoonpano

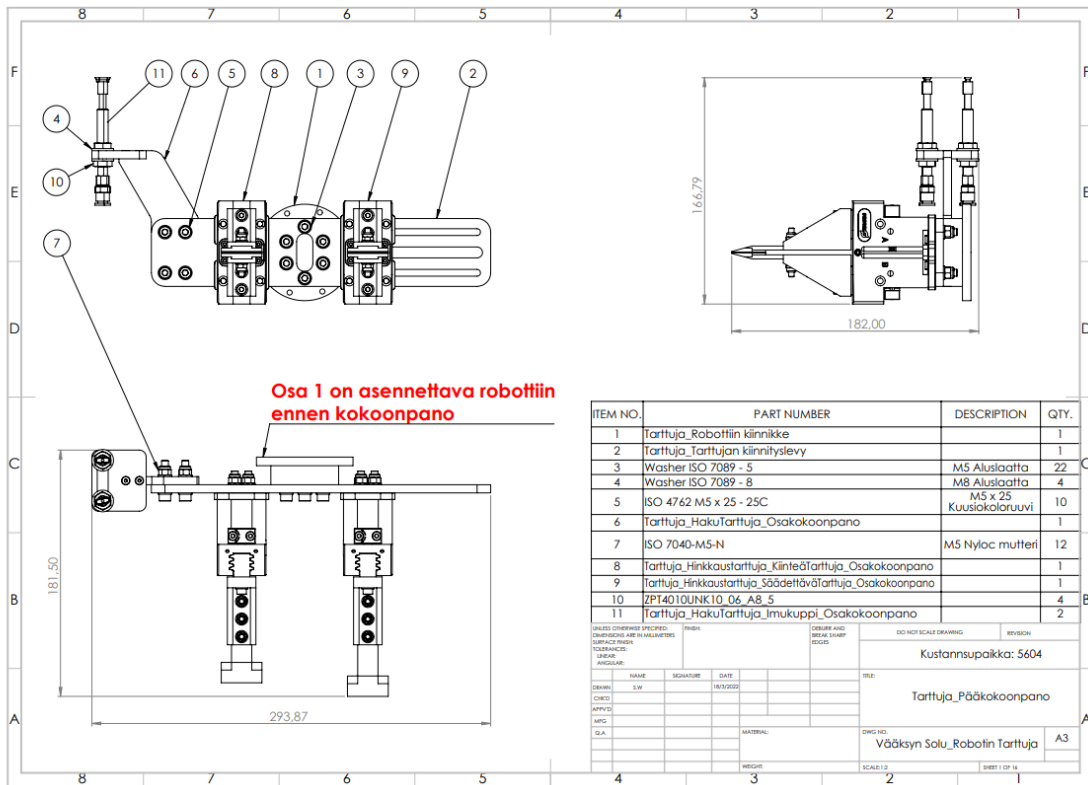


Liite 5. Pesutarttujan pääkoonpano

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Pesutarttuja_Kääntösyliinteri_Osakokoonpano	PART-3371844 DAMH-Q12-25-[0]-DESC	1
2	Pesutarttuja_Runko		1
3	Pesutarttuja_Finger01		1
4	Pesutarttuja_Tarttujaansyliinteri_Osakokoonpano		1
5	ISO - 4034 - M5 - C	M5 Mutteri	1
6	ISO 10642 - M5 x 25 - 25C	M5 x 5 Uppokantaruuvi	1
7	ISO 4762 M5 x 16 - 16C	M5 x 16 Kuusikoloruuvi	4
8	ISO 4762 M4 x 16 - 16C	M4 x 16 Kuusikoloruuvi	4
9	Washer ISO 7089 - 5	M5 Aluslaatta	4
10	Washer ISO 7089 - 4	M4 Aluslaatta	4

Kustannuspaikka: 5604
 Pääkoonpano
 Teräitus-solu_Pesutarttuja A3
 SHEET 1 OF 3

Liite 6. Robotin tarttujan pääkokoontapano



Liite 7. Vaihtoaseman pääkokooppa

